

A kutatási program keretében erdőmaradványos csernozjom talajon beállított trágyázási tartamkísérletekben vizsgáltuk az N, P, és K-műtrágyák kombinációinak hatását, valamint a növények által fel nem vett, talajban maradt foszfor utóhatását a kukorica és az őszi búza tápelem-ellátottságára, fejlődésére, produktivitására és főbb minőségi paramétereire.

1958 őszén erdőmaradványos csernozjom talaj erodált változatán állították be az 1.5 jelű  $2^3$  NPK faktoriális kísérletet, trágyázási ciklusonként négyszakaszos vetésforgóval Krámer Mihály és munkatársai. A kutatások megkezdésekor a művelt réteg (0-20 cm) vizes pH-ja 8,2, a humusztartalom 2,3 % volt. Kezdetben a kísérlet talaja könnyen oldható foszforral igen gyengén ( $AL-P_2O_5=30-40 \text{ mg kg}^{-1}$ ), káliummal közepesen ( $AL-K_2O=150-200 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ellátott volt. A tartamkísérlet I-II. ismétlése erősen meszes ( $CaCO_3\%=5-15$ ), III-IV. ismétlése közepesen meszes ( $CaCO_3\%=1-5$ ) talajváltozatra került. Ez lehetőséget nyújtott a P-kezelések utóhatásainak a művelt réteg eltérő mésztartalma alapján történő elemzésére.

Az 1.6 jelű trágyázási tartamkísérletet, 1959 őszén állították be Krámer Mihály és munkatársai. A vizsgálatok megkezdésekor a fizikai talajfélesége szerint vályog ( $K_A=42$ ) talaj művelt rétegének (0-20 cm)  $pH_{H_2O}$ -ja 7,3, mésztartalma 0-1 %, humusztartalma 3,2 %, a könnyen oldható makroelem-koncentrációk szerint foszfor-ellátottsága gyenge, kálium-ellátottsága közepes-jó volt.

A kísérletekben a kezelések 1974, illetve 1975 ősztől, a vizsgálatok V. ciklusától kezdődően módosultak, lehetővé téve a talajban felhalmozódott, eltérő P-mennyiségek utóhatásának vizsgálatát.

A vizsgált kezelések jelölése során a törtvonal előtti betűk az I-IV. trágyázási ciklusban vizsgált hatóanyag-kombinációkat jelentik. A törtvonal után közölt betűk az ugyanazon parcellára a kísérletek átalakítása után, az V. trágyázási ciklustól kiadott hatóanyagokra vonatkoznak.

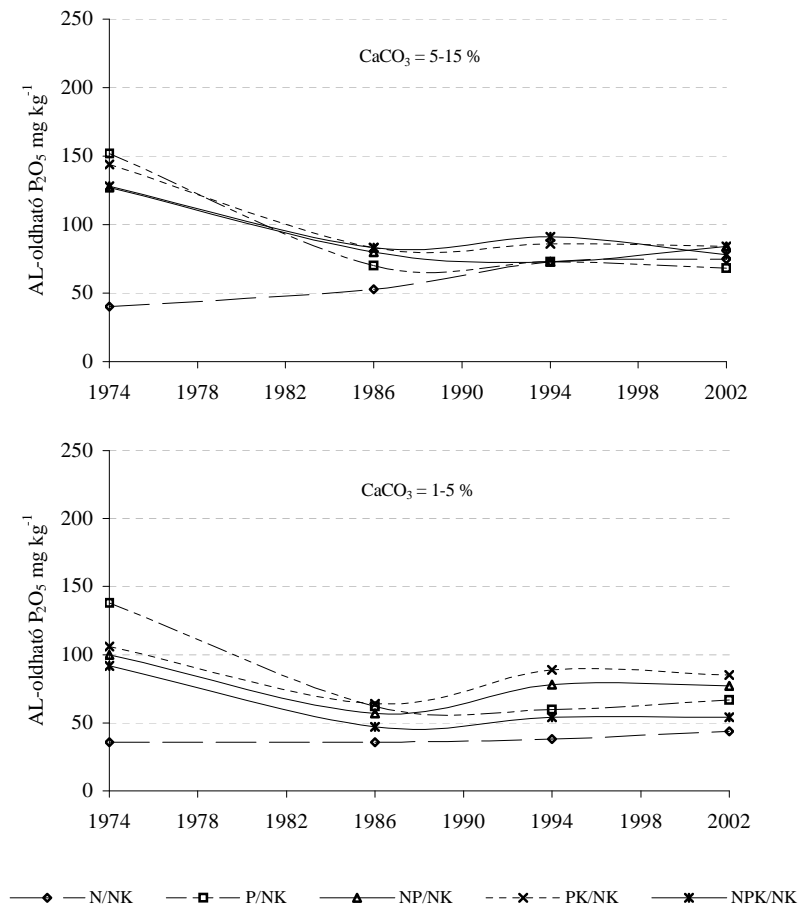
### **A művelt réteg (0-20 cm) AL-oldható $P_2O_5$ koncentrációjának változása**

Az 1.5 kísérletben az I-IV. trágyázási ciklus során a foszforral trágyázott kezelésben (P, PK, NP, NPK)  $973 \text{ kg ha}^{-1} P_2O_5$  került a műtrágyákkal talajba. A növényanalízisek eredményei szerint ugyanakkor ebben a periódusban a teljes földfeletti biomassa – a fenti kezelések sorrendjében – 409, 419, 511, valamint 572, a P-kontrollnak tekintett N-parcellákon  $343 \text{ kg ha}^{-1}$  foszfor hatóanyagot vont ki. Ennek eredményeként az utóhatás vizsgálatok megkezdésekor az AL-módszerrel kimutatható  $P_2O_5$ -koncentráció a közepesen meszes területeken 92-138, az erősen meszes parcellákon 127-152  $\text{mg kg}^{-1}$  között változott. A P-trágyázás megszüntetése után 12 évvel (1986) a koncentráció a karbonátosságától és a kezelésektől függően 47-64, illetve 70-83  $\text{mg kg}^{-1}$  értékekre csökkent és a vizsgálatok további szakaszaiban ezeken a szinteken stabilizálódott (1. ábra).

Az 1.6 jelű kísérlet talajvizsgálati eredményeit a korábbi vizsgálati periódusok adataival együtt elemezve megállapítottuk, hogy a kezelések módosítása után a  $80 \text{ kg/ha}$  P-hatóanyaggal kezelt parcellák ( $N_1P_1/NP$ ,  $N_1P_1K_1/NPK$ )  $P_2O_5$ -koncentrációja két trágyázási ciklus után meghaladta a  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  határértéket és a VII. ciklusok 3., ill. 4. évében „jó – igen jó” ellátottságot eredményezett. Az utóhatás-kezelésben a P-trágyázás beszüntetése után egy ciklust követően olyan mértékben csökkent az AL-oldható  $P_2O_5$ -tartalom, hogy a 2002. évben már az  $N_2P_2/NK$  parcellák is foszforral már gyengén ellátottak voltak.

### **A trágyázás hatása a növények vegetatív fejlődési szakaszainak hosszára**

Az őszi búza kalászhossza kielégítő foszfor-ellátottság esetén a nitrogénnel és/vagy káliummal is trágyázott parcellákon jelentek meg a legkorábban. A foszfor-hiány meghosszabbította a búza vegetatív periódusát és a kalászosítás három-öt nappal később következett be, ami jellemző hazai klimatikus viszonyaink között fokozza az őszi búza aszályérzékenységét, az ún.



1. ábra Eltérő karbonátosságú erdőmaradványos csernozjom talaj művelt rétegének (0-20 cm) AL-oldható P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> koncentrációja az 1.5 jelű P-utóhatás kísérletben.

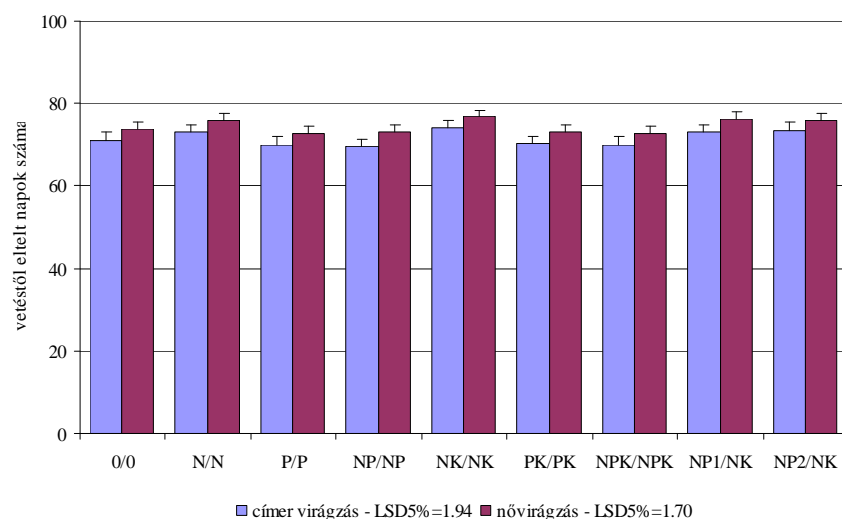
szemszorulás bekövetkezésének valószínűségét. A kifejlett növények méretére a kezeletlen kontrollhoz viszonyítva a P-trágya önmagában nem volt hatással. Az egyoldalú N-pótlás ugyanakkor szignifikánsan növelte a búza átlagos magasságát. További igazolható változást eredményezett a könnyen felvehető nitrogén- és foszfor-tartalom együttes növekedése.

A trágyázás igazolható hatást gyakorolt a kukorica vegetatív fejlődési szakaszának időtartamára is (2. ábra). A trágyázatlan kontroll, valamint a friss foszforral kezelt parcellák (0,P,PK,NP,NPK) között nem volt szignifikáns különbség sem a címer-, sem a nővirágzás tekintetében. A relatív N-bőség azonban mind a P-trágyázatlan (N,NK), mind a P-utóhatás kezelésekben (NP1/NK,NP2/NK) igazolhatóan, átlagosan 3.2 nappal késleltette a virágzást. A proterandria mértékében szignifikáns hatásokat nem lehetett kimutatni.

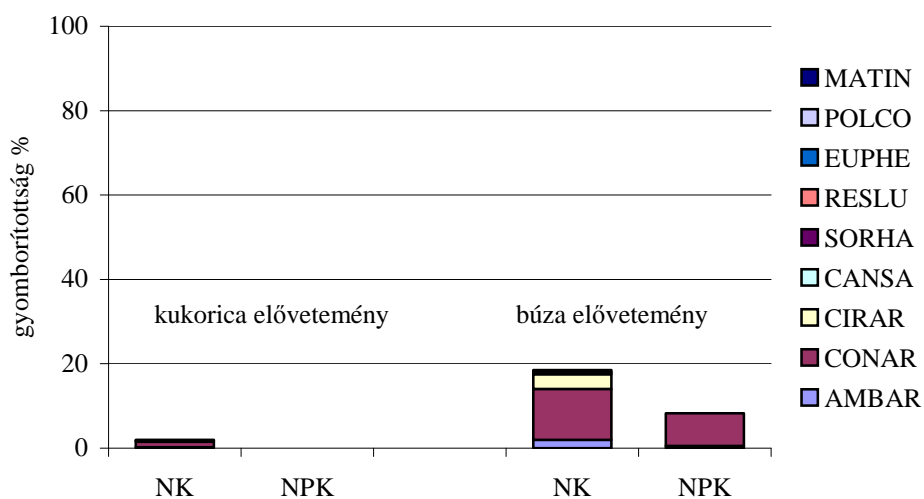
### A tápelem-ellátottság hatása őszi búza állományok gyomviszonyaira

A kielégítő tápelem-ellátottság őszi búza állományok gyomszabályozásának is meghatározó tényezője. A megfelelő trágyázás azon túl, hogy növeli a növények által felvehető tápanyagok mennyiségét, a búza intenzívebb fejlődése révén javítja a gyomokkal szemben annak vízért, tápelemekért, fényért folytatott versenyképességét. A talajok tápelem-készletének a növelése természetesen a terület gyomösszetételére, a gyomfajok számára összetételére, azok tápelem-felvételére és növekedésére is hatást gyakorol. A kutatási programban szereplő trágyázási tartamkísérlet több mint négy évtizede nem trágyázott kontroll parcelláin a kukorica után vetett őszi búzában a nitrogénnel és foszforral egyaránt műtrágyázott állományok gyakorlatilag gyommentesek voltak (3. ábra). Búza elővetemény után, csökkentett talajművelési eljárással vetett búzában, igen gyenge P-ellátottságú parcellákon 30, foszforral

is trágyázott talajon 8% volt az átlagos gyomborítottság. Foszforral nem kielégítően ellátott talajon tehát bizonyítható volt a gyomok kompetitív előnye a búzával szemben. A kísérleti eredmények ismételten igazolták, hogy az agrotechnikai tényezők között a harmonikus trágyázás kedvező hatása mellett a vetésforgó is rendkívül fontos eleme az őszi búza víz- és tápelem-felvételét befolyásoló gyomszabályozásnak.



2. ábra A tápláltság hatása a vetéstől a kukorica hím- és nővirágzásáig eltelt napok számára



3. ábra Makroelemek hatása őszi búza állományok gyomosodására az elővetemény függvényében, martonvásári trágyázási tartamkísérletben

### A növények tápelem-ellátottsága a generatív fejlődési szakasz kezdetén

A pályázat közreműködőjének, az MTA Talajtani és Agrokémiiai Kutatóintézetének laboratóriumában elvégzett növényanalízisek eredményei szerint az őszi búza zászlós levelének virágzáskori N-tartalma igazolhatóan nőtt a N-hatóanyaggal kezelt parcellák növényeiben (1-2. táblázat). A növekedés relatív mértéke a kezelt vs. kezeletlen parcellák átlagában az extrém aszályos 2003. évben kisebb volt, mint a sokéves átlagnál szárazabb 2002. évben (+18%, ill. +83%). A levelek P-tartalma alapján elvégzett varianciaanalízis eredményei szerint a kezelések hatása csak egy évben (2003) volt igazolható, de a mért koncentráció változások a kezelések függvényében szakmailag nem értelmezhetőek.

A levelek Cu-tartalma szerint a foszforral trágyázott parcellákon még aszályos termesztési feltételek között is igazolhatóan csökkent az adott mikroelem mennyisége.

Az összefüggés vizsgálatok eredményei (3-4. táblázat) mindkét évben közepes, vagy annál szorosabb pozitív korrelációt mutattak a búza zászlós levelének Mg és Ca, K és Fe tartalma, valamint a vetéstől a kalászoságig eltelt napok száma és a levelek Cu-ellátottsága között.

1. táblázat Őszi búza zászlós levelének virágzáskori tápelem-tartalma trágyázási tartamkísérletben - Martonvásár, 2002

Tápelem	*Kielégítő ellátottság	Kezelés								SzD <sub>5%</sub>
		N/N	P/P	NP/NP	NK/NK	PK/PK	NPK/NPK	NP2K/NK	0/0	
N %	3,5-4,5	4,42	2,12	3,62	3,92	2,20	4,09	3,50	2,09	0,78
P %	0,3-0,5	0,15	0,15	0,17	0,14	0,15	0,16	0,16	0,15	n.s.
K %	2-3	1,32	1,19	1,25	1,50	1,37	1,58	1,56	1,17	0,15
Ca %	0,3-0,5	1,29	1,16	1,57	1,22	1,11	1,45	1,41	1,10	0,10
Mg %	0,2-0,6	0,29	0,31	0,36	0,27	0,30	0,35	0,33	0,31	0,03
Fe ppm	25-100	168	132	180	200	158	181	196	147	17
Mn ppm	35-475	144	101	105	188	131	110	119	75	59
Zn ppm	15-70	16,6	6,6	11,7	15,1	6,6	12,3	15,9	7,0	2,4
Cu ppm	5-25	5,91	1,81	2,34	5,39	1,94	2,51	5,22	1,95	0,69
B ppm	-	9,7	14,7	13,7	11,1	15,3	11,6	12,1	15,6	3,7
S %	-	0,40	0,60	0,52	0,37	0,48	0,45	0,39	0,34	0,1

\* Westfall et al. 1990

n.s. - nem szignifikáns

2. táblázat Őszi búza zászlós levelének virágzáskori tápelem-tartalma trágyázási tartamkísérletben - Martonvásár, 2003

Tápelem	*Kielégítő ellátottság	Kezelés								SzD <sub>5%</sub>
		N/N	P/P	NP/NP	NK/NK	PK/PK	NPK/NPK	NP2K/NK	0/0	
N %	3,5-4,5	4,99	3,96	4,99	4,78	4,22	4,84	4,81	4,22	0,32
P %	0,3-0,5	0,24	0,29	0,21	0,18	0,31	0,20	0,21	0,29	0,04
K %	2-3	1,54	1,62	1,59	1,59	1,75	1,52	1,65	1,75	0,14
Ca %	0,3-0,5	0,94	0,90	0,97	0,85	0,92	0,96	0,95	0,83	n.s.
Mg %	0,2-0,6	0,21	0,20	0,22	0,19	0,18	0,22	0,20	0,19	n.s.
Fe ppm	25-100	156	146	135	148	151	142	144	169	n.s.
Mn ppm	35-475	49	49	50	51	47	57	43	41	n.s.
Zn ppm	15-70	19,1	16,7	18,5	19,3	19,2	17,7	20,5	18,0	n.s.
Cu ppm	5-25	8,45	6,04	5,87	8,86	7,57	4,91	8,52	8,31	1,68
B ppm	-	29,1	27,0	26,3	26,8	26,5	23,7	29,4	28,4	n.s.

\* Westfall et al. 1990

n.s. - nem szignifikáns

3. táblázat Őszi búza zászlós levél virágzáskori analízisének korrelációs mátrixa trágyázási tartamkísérletben - Martonvásár, 2002

	Kal	Term	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B	S
Kal	1												
Term	-0,032	1											
N	0,221	0,727	1										
P	-0,215	0,420	0,021	1									
K	0,170	0,522	0,454	0,047	1								
Ca	-0,278	0,746	0,507	0,575	0,208	1							
Mg	-0,432	0,465	0,099	0,788	-0,021	0,724	1						
Fe	0,267	0,694	0,648	0,204	0,585	0,531	0,117	1					
Mn	0,455	0,036	0,399	-0,244	0,345	-0,098	-0,351	0,447	1				
Zn	0,533	0,702	0,802	0,196	0,517	0,468	0,094	0,755	0,427	1			
Cu	0,726	0,459	0,657	-0,078	0,424	0,143	-0,252	0,635	0,502	0,902	1		
B	-0,283	-0,408	-0,473	-0,005	-0,366	-0,366	0,013	-0,425	-0,330	-0,634	-0,571	1	
S	-0,247	-0,236	-0,262	0,258	-0,244	0,089	0,303	-0,401	-0,216	-0,355	-0,455	0,224	1

Kal - vetéstől kalászosításig eltelt napok száma

Term - szemtermés mennyisége (t/ha)

4. táblázat Őszi búza zászlós levél virágzáskori analízisének korrelációs mátrixa trágyázási tartamkísérletben - Martonvásár, 2003

	Kal	Term	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Kal	1											
Term	-0,325	1										
N	0,095	-0,450	1									
P	-0,178	0,343	-0,603	1								
K	-0,084	0,078	-0,263	0,646	1							
Ca	-0,412	0,049	0,342	-0,074	-0,139	1						
Mg	-0,301	0,001	0,321	-0,176	-0,339	0,744	1					
Fe	0,121	0,105	0,136	0,289	0,415	0,004	0,107	1				
Mn	-0,346	-0,195	0,233	-0,249	-0,361	0,444	0,393	-0,102	1			
Zn	0,096	-0,034	0,370	-0,105	0,254	0,297	0,008	0,259	-0,175	1		
Cu	0,575	-0,264	0,154	0,044	0,333	-0,331	-0,502	0,398	-0,359	0,3923	1	
B	0,271	-0,220	-0,187	0,092	0,165	-0,428	-0,127	0,081	-0,376	-0,017	0,0319	1

Kal - vetéstől kalászosításig eltelt napok száma

Term - szemtermés mennyisége (t/ha)

A kukorica 50%-os nővirágzásakor a cső melletti levél N-tartalmában – az őszi búzához hasonlóan – mindkét kísérleti évben igazolható volt a kezelés pozitív hatása (5-6. táblázat). Szignifikáns P-hatásokat és utóhatásokat nem lehetett kimutatni a kukorica levelében a P-tartalom alapján. A kontroll parcellákhoz viszonyítva a P-trágyázás igazolhatóan csökkentette a vizsgált növényi rész Zn-tartalmát. Az utóhatások vizsgálatára alkalmas parcellák növényeiben ilyen tendenciákat nem lehetett kimutatni. A N-kezelés növelte a levelekben mért Cu mennyiségét, a P-ellátottság növelése ugyanakkor ezzel egyidőben ellentétes hatásokat eredményezett. A vizsgált tényezők korreláció-analízise szerint (7-8. táblázat) mindkét kísérleti évben legalább közepesen szoros negatív összefüggést lehetett igazolni a termés mennyisége és az 50%-os nővirágzásig mért effektív hőösszeg mennyisége, a nővirágzás és a N, valamint a nővirágzás és a Mn tartalom között. Pozitív kapcsolatot mutattunk ki a termés-N, a termés-Mn, N-Mn, N-Cu, Cu-Mn, Cu-B, Ca-Mg, Fe-mg, és Mn-B relációjában.

5. táblázat A kukorica cső melletti levelének növirágzáskor mért tápelem-tartalma trágyázási tartamkísérletben - Martonvásár, 2004

Tápelem	*Kielégítő ellátottság	Kezelés								SzD <sub>5%</sub>
		N/N	P/P	NP/NP	NK/NK	PK/PK	NPK/NPK	NP2K/NK	0/0	
N %	2,50-3,50	2,83	2,25	2,86	2,86	2,17	2,85	3,00	2,41	0,41
P %	0,25-0,35	0,30	0,32	0,35	0,30	0,33	0,37	0,32	0,33	n.s.
K %	1,50-2,50	2,01	1,93	1,97	2,35	2,11	2,26	2,15	1,94	0,18
Ca %	0,25-0,80	0,69	0,67	0,74	0,52	0,60	0,73	0,55	0,77	0,15
Mg %	0,20-0,60	0,33	0,26	0,28	0,23	0,21	0,26	0,23	0,27	0,04
Fe ppm	50-250	152	146	144	155	141	152	147	183	n.s.
Mn ppm	20-200	135	76	142	123	82	132	144	87	n.s.
Zn ppm	25-100	53,1	33,2	34,1	50,2	36,6	31,1	55,3	45,6	9,7
Cu ppm	5-20	13,5	7,9	10,2	13,5	9,1	11,2	15,3	11,4	n.s.
B ppm	5-40	13,6	10,2	12,2	13,4	12,7	13,2	19,1	16,4	n.s.
N/P	9-12	9,71	7,15	8,24	9,47	6,85	7,66	9,39	7,33	1,90
N/K	1,3-1,7	1,42	1,16	1,45	1,22	1,03	1,27	1,41	1,25	0,26
K/P	6-9	6,81	6,20	5,69	7,79	6,62	6,07	6,76	6,07	n.s.
K/Ca	3-6	3,02	3,12	2,68	4,71	3,53	3,19	4,06	2,62	1,08
K/Mg	4-8	6,29	7,39	7,00	10,52	10,21	8,89	9,31	6,45	1,55
K/B	600-3000	1575	2160	1714	1804	1756	1761	1309	1344	n.s.
P/Fe	20-100	21,0	22,6	24,5	19,7	25,4	25,0	22,0	18,4	n.s.
P/Mn	20-120	22,4	49,8	26,9	26,1	42,1	28,5	25,0	42,3	16,9
N/Cu	1500-5000	2202	3562	3069	2200	2655	2642	2073	2125	n.s.
P/Zn	50-150	56,1	96,2	107,5	60,7	93,2	131,9	57,9	72,1	30,6
P/Cu	200-500	229	490	372	240	376	342	222	291	134
Mn/Zn	1-8	2,6	2,2	4,3	2,5	2,2	4,5	2,6	1,9	1,4

\*Kádár 1992 n.s. - nem szignifikáns

6. táblázat A kukorica cső melletti levelének növirágzáskor mért tápelem-tartalma trágyázási tartamkísérletben - Martonvásár, 2005

Tápelem	*Kielégítő ellátottság	Kezelés								SzD <sub>5%</sub>
		N/N	P/P	NP/NP	NK/NK	PK/PK	NPK/NPK	NP2K/NK	0/0	
N %	2,50-3,50	2,93	2,32	2,88	2,74	2,20	2,94	2,80	2,44	0,32
P %	0,25-0,35	0,30	0,28	0,33	0,29	0,28	0,33	0,31	0,30	n.s.
K %	1,50-2,50	1,93	1,85	1,69	2,26	2,05	2,02	2,16	2,00	0,21
Ca %	0,25-0,80	0,74	0,62	0,86	0,68	0,61	0,77	0,70	0,70	0,10
Mg %	0,20-0,60	0,32	0,22	0,34	0,26	0,19	0,27	0,28	0,26	0,06
Fe ppm	50-250	142	110	140	149	120	126	130	127	n.s.
Mn ppm	20-200	122	79	132	113	83	119	109	89	25
Zn ppm	25-100	50,2	29,6	32,7	50,4	30,6	33,8	44,5	39,4	7,4
Cu ppm	5-20	13,8	8,0	12,4	14,0	8,2	12,3	12,7	10,5	2,3
B ppm	5-40	9,9	8,9	10,5	10,7	10,0	11,6	11,0	9,3	1,6
N/P	9-12	9,61	8,15	8,83	9,56	7,76	9,01	9,26	8,19	1,15
N/K	1,3-1,7	1,53	1,25	1,71	1,21	1,07	1,46	1,30	1,22	0,22
K/P	6-9	6,31	6,67	5,21	7,88	7,33	6,18	7,09	6,71	0,93
K/Ca	3-6	2,62	3,04	1,97	3,34	3,37	2,63	3,10	2,88	0,41
K/Mg	4-8	6,04	8,99	5,02	8,80	10,96	7,62	7,89	7,87	1,85
K/B	600-3000	1965	2086	1611	2123	2072	1746	1981	2159	260
P/Fe	20-100	21,5	26,0	23,6	19,4	23,8	25,9	23,7	23,9	3,8
P/Mn	20-120	25,8	36,8	25,0	25,7	34,5	27,6	28,2	34,4	4,4
N/Cu	1500-5000	60,8	97,2	101,6	57,9	97,6	97,1	69,1	76,4	23,5
P/Zn	50-150	2157	2942	2325	1969	2772	2388	2219	2434	375
P/Cu	200-500	224	362	263	207	357	265	240	295	37
Mn/Zn	1-8	2,43	2,73	4,07	2,25	2,84	3,54	2,47	2,26	0,71

\*Kádár 1992 n.s. - nem szignifikáns

7. táblázat A kukorica cső melletti levél nővirágzáskori analízisének korrelációs mátrixa trágyázási tartamkísérletben - Martonvásár, 2004

	Nővir	Term	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Nővir	1											
Term	-0,822	1										
N	-0,665	0,627	1									
P	-0,110	0,195	0,130	1								
K	-0,297	0,383	0,170	-0,003	1							
Ca	0,001	0,117	0,057	0,330	-0,529	1						
Mg	-0,114	0,093	0,074	-0,086	-0,535	0,653	1					
Fe	0,080	-0,001	0,042	-0,095	-0,101	0,510	0,424	1				
Mn	-0,501	0,589	0,664	0,391	0,094	0,096	-0,070	-0,064	1			
Zn	-0,141	0,091	0,309	-0,053	0,191	-0,339	-0,061	0,024	0,382	1		
Cu	-0,341	0,339	0,532	0,219	0,208	-0,224	-0,247	-0,024	0,743	0,708	1	
B	-0,100	0,151	0,280	0,246	0,027	-0,030	-0,114	0,257	0,472	0,456	0,559	1

Nővir - vetéstől az 50%-os nővirágzásig mért effektív hőösszeg (HU)

Term - szemtermés mennyisége (t/ha)

8. táblázat A kukorica cső melletti levél nővirágzáskori analízisének korrelációs mátrixa trágyázási tartamkísérletben - Martonvásár, 2005

	Nővir	Term	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Nővir	1											
Term	-0,750	1										
N	-0,728	0,837	1									
P	-0,694	0,680	0,665	1								
K	-0,106	0,275	0,032	-0,983	1							
Ca	-0,662	0,528	0,691	0,915	-0,176	1						
Mg	-0,550	0,516	0,759	0,809	-0,249	0,858	1					
Fe	-0,526	0,547	0,577	-0,030	0,204	0,522	0,583	1				
Mn	-0,711	0,747	0,760	0,654	0,103	0,747	0,682	0,653	1			
Zn	-0,129	0,263	0,273	-0,993	0,474	0,075	0,281	0,526	0,346	1		
Cu	-0,626	0,751	0,808	0,444	0,374	0,646	0,723	0,711	0,846	-0,992	1	
B	-0,502	0,435	0,483	0,865	0,425	0,400	0,251	0,377	0,416	0,158	0,868	1

Nővir - vetéstől az 50%-os nővirágzásig mért effektív hőösszeg (HU)

Term - szemtermés mennyisége (t/ha)

### A kukorica és az őszi búza termésreakciói a 2002-2005. években

Az 1.5 jelű trágyázási tartamkísérletben a kukorica szemtermése alapján statisztikailag igazolható kezeléshatásokat nem lehetett kimutatni, de a legnagyobb termést mindkét évben a friss foszforral trágyázott K/NPK kezeléseknél mértük. Az őszi búza produktivitása a 2002. évben igazolhatóan nőtt a P-trágyázatlan kontroll (0/NK) kezeléshez viszonyítva a P-utóhatás vizsgálatára alkalmas parcellákon. Ez a tendencia a sokéves átlagnál jóval csapadékosabb 2005. évben is megfigyelhető volt, de a termésnövekedés mértéke ekkor csak a K/NPK kezelésben haladta meg az F-próba P=5%-os valószínűségi szintjén megadott értéket.

Az 1.6 kísérlet szemtermései alapján megállapítható, az őszi búza mennyiségét a 2002. évben a kizárólagos N-trágyázás is növelte. K-hatásokat nem lehetett kimutatni (N/N vs. NK/NK, P/P vs. PK/PK, ill. NP/NP vs. NPK/NPK), ugyanakkor a P-utóhatás mértéke nem különbözött igazolhatóan a friss foszforral kezelt parcellákétól (10. táblázat). A rendkívül száraz 2003. évben a trágyázatlan kontrollal összehasonlítva egyik kezelés sem volt pozitív hatású. A P

nélküli parcellákon az NP2K/NK kezelés kivételével a búza termése igazolhatóan csökkent (N/N, NK/NK).

A kukorica termése alapján mindkét évben bizonyítható volt a nitrogén pozitív hatása, de sem a foszfor-, sem pedig a kálium-kezelések nem eredményeztek igazolható termésreakciót.

9. táblázat A búza és a kukorica szemtermése az erdőmaradványos csernozjom talajon beállított 1.5 jelű trágyázási tartamkísérletben

Kezelés	2002 búza	2003 kukorica	2004 kukorica	2005 búza
0/NK	0,91	1,93	6,65	4,50
P/NK	1,71	1,89	6,58	5,30
K/NPK	4,39	3,58	7,69	7,15
PK/NK	2,68	2,20	7,10	5,63
NPK/NK	3,15	2,11	6,79	5,68
SzD <sub>5%</sub>	0,77	n.s.	n.s.	1,28

10. táblázat A búza és a kukorica szemtermése az erdőmaradványos csernozjom talajon beállított 1.6 jelű trágyázási tartamkísérletben

Kezelés	2002 búza	2003 búza	2004 kukorica	2005 kukorica
N/N	3,77	1,28	7,32	9,16
P/P	2,65	1,78	5,69	7,61
NP/NP	4,14	1,55	7,86	9,01
NK/NK	3,82	1,16	7,64	9,51
PK/PK	2,55	1,82	5,81	7,11
NPK/NPK	4,62	1,75	8,05	9,61
NP2K/NK	4,48	1,42	7,60	9,49
0/0	2,85	1,87	5,65	7,52
SzD <sub>5%</sub>	0,67	0,45	0,82	1,82

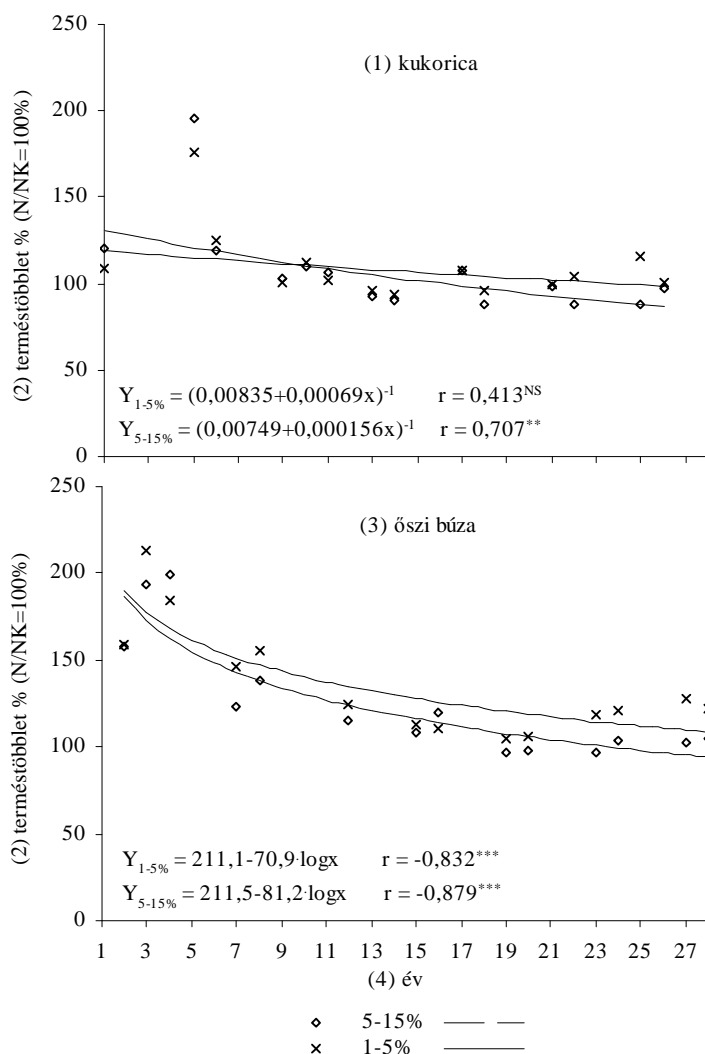
### Fajspecifikus P-utóhatások elemzése regresszióanalízissel a termés mennyisége alapján

Az agrokémiai kutatások korábbi eredményei a kalászos gabonák és a széles sortávú, kapás növények eltérő P-reakcióját igazolták. Ezért a dikultúras trágyázási tartamkísérlet eredményeinek feldolgozása során az ún. vertikális összehasonlítás módszerét alkalmazva, növényfajonként is elemeztük a P-utóhatások mértékét, a változások eltérő karakterét. Az összefüggés-vizsgálatok során – az évjárat-hatások mérséklése érdekében – a kontrollhoz (N/NK=100 %) viszonyított relatív termések (Y') időbeni (X) változását hasonlítottuk össze. A változók kapcsolatát hiperbola alakú regresszióval és logaritmussfüggvény illesztésével jellemeztük.

A kukoricában mért relatív P-utóhatások nagysága, valamint a kísérlet kora a korrelációs koeficiensek értékei szerint az 5-15 % CaCO<sub>3</sub>-ot tartalmazó talajokon mindkét függvény esetében közepes erősségű kapcsolatot jelzett. A szignifikancia-vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a kukorica esetében a hiperbola függvény illesztésével pontosabban és megbízhatóbban írható le a változás jellege. A kevésbé meszes talajokon azonban a korrelációs koeficiensek a változók laza kapcsolatára utaltak, amely a logaritmussfüggvény illesztése során egyik kezelés esetében sem volt szignifikáns.



Az őszi búza reakcióit a választott függvények szintén az erősen meszes talajokon jellemezték pontosabban. A kukoricától eltérően azonban a változók összefüggésének szorosságára utaló "r" érték a logaritmushíppvény alkalmazása esetén mészállapottól függetlenül minden kezelésben szoros,  $P=0,1\%$ -os valószínűségi szinten igazolható kapcsolatot mutatott. Az eredmények alapján a kukoricával beállított kísérletekben a kezelések relatív terméseinek mésztartalom szerint csoportosított átlagaihoz hiperbola, az őszi búza átlagértékeihez logaritmushíppvényeket illesztettünk (4. ábra).



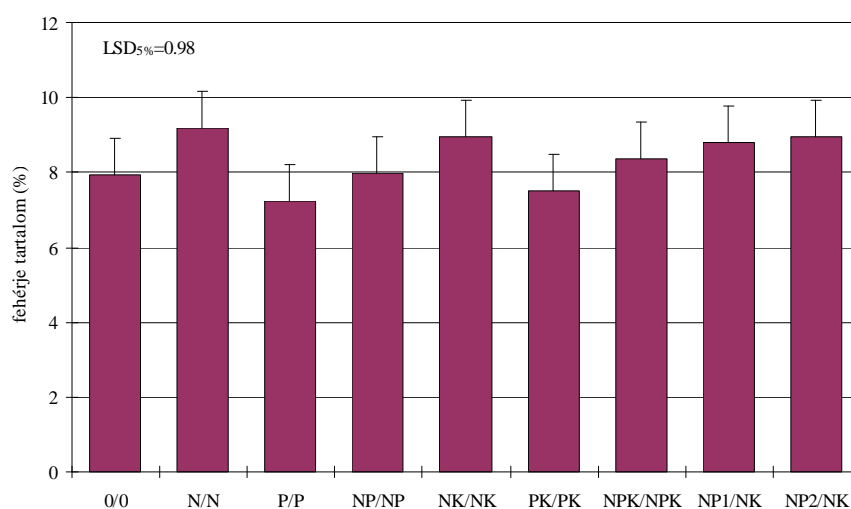
4. ábra A kukoricában és az őszi búzában mért átlagos P-utóhatás időbeli változása a karbonátosság függvényében, erdőmaradványos csernozjom talajon

A pontokhoz illesztett görbék paraméterei segítségével jellemeztük a dikultúrában termesztett kukorica és őszi búza mésztartalomtól függő P-utóhatásait a  $100-150 \text{ mg kg}^{-1} \text{ AL-P}_2\text{O}_5$  tartalmú erdőmaradványos csernozjom talajon. A növényfajtól és karbonátosságtól függően, több-kevesebb pontossággal becsült összefüggések szerint erősen meszes parcellákon az adott P-koncentrációk esetén a kukorica termése dikultúrában a termesztés 14., az őszi búza mennyisége a termesztés 23. évét követően csökken a P-trágyázatlan kontroll szintjére. Közepesen meszes talajon a kukorica becsült mennyisége a 22. év után mérséklődik a kontroll szintjére, az őszi búzában az utóhatás teljes megszűnése a függvény alapján a 36. évre prognosztizálható.

### A kezelések hatása a termés főbb minőségi paramétereire

A teljes őrlményből Inframatic 8611 készülékkel elvégzett vizsgálatok eredményei szerint a 7 malom- és a sütőipari paramétert igazolhatóan befolyásolta a növények makroelem-ellátottsága. A genetikailag meghatározott kiváló minőség csak a nitrogénnel trágyázott parcellák növényeinek termésében volt kimutatható. A minőséget tekintve kedvező évjáratban a „malmi” kategóriába tartozó fajtával a közepesnél jobb P-ellátottságú parcellákon a „javító” minőségi kategóriára jellemző értékeket mértünk. Csapadékban szegény évjáratban a termés minősége átlag feletti volt, a fehérje-, valamint a nedves siker tartalmat a kijuttatott N-trágya igazolhatóan növelte a N-hiányos kontroll kezelésekhez viszonyítva. A P-trágyák hatásának és -utóhatásának vizsgálatára alkalmas, N-nel is kezelt parcellákon a betakarított szem minősége nem különbözött szignifikánsan a csak N-nel trágyázott, igen gyenge-gyenge P-ellátottságú talajokon fejlődött növényekétől.

A szemtermés minőségvizsgálata alapján megállapítottuk, hogy a kukorica átlagos fehérje tartalma 8.32 %, olaj tartalma 3.50 %, keményítő tartalma 66.71 % volt. Az olaj és keményítő tartalmak varianciaanalízise szerint a kezelések között igazolható hatásokat nem lehetett elkülöníteni. A szem fehérje tartalma szerint a N trágya pozitív, a foszfor negatív hatását állapítottuk meg a kísérletben (5. ábra). A minőségi paraméterek közül a szemek fehérjetartalmát foszforral gyengén ellátott talajon a nitrogén igazolhatóan növelte, a talajok növekvő P-koncentrációja viszont csökkentette azt. A P-utóhatás a kukorica fehérje tartalmában sem volt kimutatható csernozjom talajon a vizsgált periódusban (NK/NK vs. NP1/NK, NP2/NK).



5. ábra A kukorica termésének fehérje tartalma (%) trágyázási tartamkísérletben